

Министерство образования Республики Беларусь
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Кафедра «Порошковая металлургия, сварка и технология материалов»

ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ СВАРКИ ДАВЛЕНИЕМ

Лабораторный практикум
для студентов специальности 1-36 01 06
«Оборудование и технология сварочного производства»

Электронное учебное издание

Минск 2008

УДК 621.791.12 (076.5)

Составители:

Данилко Б.М., Пантелеенко Ф.И., Шиманович И.М.

Рецензенты:

Лактионов Василий Александрович, главный сварщик РУП «Минский тракторный завод»

Давидович Людмила Михайловна, к.т.н., доцент кафедры «Машины и технология обработки металлов давлением», БНТУ

Изложены общие теоретические сведения о процессе сварки давлением (контактная точечная сварка, контактная стыковая сварка, холодная сварка), приведена характеристика машин для точечной, стыковой и холодной сварки. Приведена методика проведения работ, исследования параметров сварочного оборудования. Приведены справочные материалы по режимам сварки.

Предназначено в качестве учебного пособия для студентов специальности «Оборудование и технология сварочного производства» при проведении лабораторных занятий».

Белорусский национальный технический университет
Проспект Независимости, 65, г. Минск, Республика Беларусь
Тел (017) 292-77-52 факс (017) 292-91-37
Регистрационный №

© БНТУ, 2008

© Данилко Б.М., Пантелеенко Ф.И., Шиманович И.М., 2008

© Дьяченко О.В., компьютерный дизайн, 2008

СОДЕРЖАНИЕ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1	5
ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ МАШИНЫ ДЛЯ ТОЧЕЧНОЙ СВАРКИ ТИПА МТ-1613.....	5
1.1 <i>Общие сведения</i>	<i>5</i>
1.2 <i>Устройство и работа машины.....</i>	<i>7</i>
1.3 <i>Устройство и работа составных частей машины.....</i>	<i>8</i>
1.4 <i>Порядок работы, регулирование и настройка</i>	<i>10</i>
1.5 <i>Технические характеристики регулятора времени РВТШ-20.....</i>	<i>12</i>
1.6 <i>Определение активного сопротивления</i>	<i>13</i>
<i>вторичного контура машины.....</i>	<i>13</i>
1.7 <i>Проведение работы</i>	<i>14</i>
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2	15
ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИЙ СТЫКОВЫХ КОНТАКТНЫХ МАШИН И СНЯТИЕ ВНЕШНИХ ХАРАКТЕРИСТИК	15
2.1 <i>Общие сведения</i>	<i>15</i>
2.2 <i>Машина МСР-50 с рычажным приводом.....</i>	<i>16</i>
2.3 <i>Снятие внешней характеристики стыковой машины.....</i>	<i>18</i>
2.4 <i>Проведение работы</i>	<i>20</i>
2.4.1 <i>Ознакомление с конструкцией стыковой машины.....</i>	<i>20</i>
2.4.2 <i>Опыт холостого хода</i>	<i>21</i>
2.4.3 <i>Опыт короткого замыкания</i>	<i>21</i>
2.4.4 <i>Снятие внешней характеристики</i>	<i>21</i>
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3	24
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМА ТОЧЕЧНОЙ СВАРКИ НА ПРОЧНОСТЬ ТОЧКИ	24
3.1 <i>Общие сведения</i>	<i>24</i>
3.2 <i>Влияние шунтирования тока на размеры и прочность сварочной точки</i>	<i>28</i>

	4
<i>3.3 Проведение работы</i>	28
3.3.1 Выявление влияния отдельных параметров режима точечной сварки на прочность точки.....	28
3.3.2 Выявление влияния шунтирования тока	29
на размеры и прочность сварной точки.....	29
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4	
ОЗНАКОМЛЕНИЕ С ТЕХНОЛОГИЕЙ СТЫКОВОЙ СВАРКИ И	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМА СВАРКИ НА	
ПРОЧНОСТЬ СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ	31
4.1 <i>Общие сведения</i>	31
4.1.1 Сварка сопротивлением	31
4.1.2 Сварка оплавлением	33
4.2 <i>Проведение работы</i>	37
4.2.1 Практическое ознакомление с технологией стыковой сварки сопротивлением.....	37
4.2.2 Практическое ознакомление с технологией стыковой сварки оплавлением.....	38
4.2.3 Выявление влияния отдельных параметров режима стыковой сварки на прочность сварного соединения	38
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5	39
ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ МАШИН ДЛЯ СТЫКОВОЙ ХОЛОДНОЙ	
СВАРКИ.....	39
5.1 <i>Общие сведения</i>	39
5.2 <i>Правила по эксплуатации</i>	41
5.3 <i>Принцип работы</i>	41
ЛИТЕРАТУРА	42

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1
ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ МАШИНЫ ДЛЯ ТОЧЕЧНОЙ
СВАРКИ ТИПА МТ-1613

1.1 Общие сведения

Машина типа МТ-1613 предназначена для электрической контактной точечной сварки деталей из низкоуглеродистой стали.

Основные технические параметры машины приведены в таблицах 1.1 – 1.4.

Таблица 1.1

Параметры	Значения
Номинальное первичное напряжение, В	380
Номинальная частота, Гц	50
Мощность, кВА	86
Первичный ток, А	227
Номинальная продолжительность включения, ПВ, %	20
Номинальный сварочный ток, А	16000
Количество ступеней регулирования вторичного напряжения	8
Номинальная ступень регулирования вторичного напряжения	7
Пределы регулирования вторичного напряжения, В	2,9 – 5,7
Общий ход верхнего электрода (рабочий плюс дополнительный), мм	80
Полезный вылет машины, мм	500
Раствор, мм:	
номинальный	150
минимальный	80
максимальный	220
Номинальное усилие сжатия электродов, кгс (при давлении воздуха 4,5 кгс/см ²)	630
Омическое сопротивление вторичной цепи (при постоянном токе), Ом	$62,5 \times 10^{-6}$
Коэффициент мощности (cos φ) на номинальной ступени при коротком замыкании	0,4
Диапазон свариваемых толщин деталей из низкоуглеродистой стали, мм	
в жестком режиме;	0,8+0,8...2,5+2,5
в мягком режиме	до 6
Производительность машины при сварке деталей из низкоуглеродистой стали толщиной 0,8+0,8 мм (при рабочем ходе 10 мм), сварок/мин	300

Машина состоит из корпуса, на котором смонтированы: пневматический привод, пневматическое устройство, система охлаждения, токоподвод и электрическое устройство.

Таблица 1.2

Усилие сжатия электродов в зависимости от давления воздуха

Давление сжатого воздуха, кгс/см ²	Усилие сжатия электродов, кгс	Давление сжатого воздуха, кгс/см ²	Усилие сжатия электродов, кгс
4,5	630	2,5	370
4,0	565	2,0	305
3,5	500	1,5	240
3,0	435	1,0	175

Таблица 1.3

Вторичное напряжение трансформатора по ступеням в зависимости от положения ножей переключателя

Ступень трансформатора	Положение ножей			Вторичное напряжение, В
	№ 1	№ 2	№ 3	
1	2	2	2	2,9
2	1			3,1
3	2	1		
4	1			
5	2	2	1	4,0
6	1			4,5
7	2	1		5,0
8	1		5,7	

Таблица 1.4

Первичный ток короткого замыкания в зависимости от величины раствора h (мм)

Ступень трансформатора	Первичный ток короткого замыкания, А		
	$h = 80$	$h = 150$	$h = 220$
1	117	97	84
2	131	109	94
3	152	126	109
4	183	152	131
5	227	189	162
6	284	236	204
7	360	300	260
8	467	390	338

1.2 Устройство и работа машины

Корпус 1 (рисунок 1.1) является основной несущей конструкцией машины. Пневматический привод 8, вертикально перемещающий верхний электрододержатель 5, установлен на кронштейне корпуса.

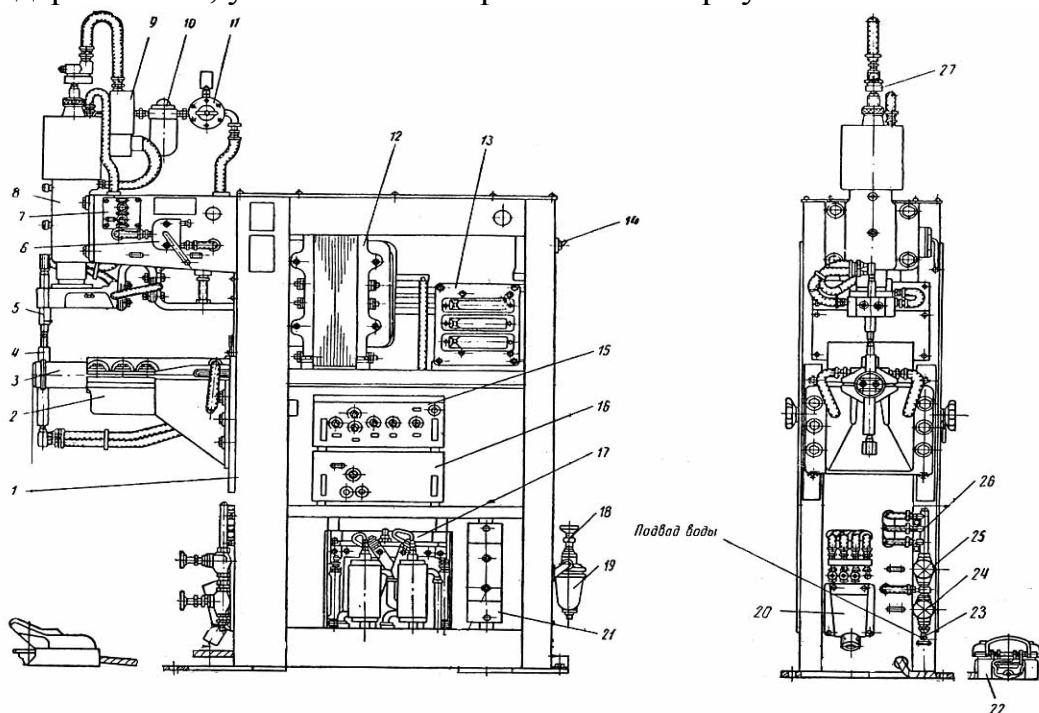


Рисунок 1.1 Общий вид машины для точечной контактной сварки МТ-1613

Пневматическое устройство: дросселирующие клапаны 27, электропневматический клапан 9, маслораспылитель 10 и регулятор давления 11 с манометром размещены рядом с приводом давления, кран 6 управления дополнительным ходом электрода установлен на правой боковой стороне кронштейна корпуса, фильтр 19 с вентилем 18 – на задней стенке корпуса. Ниппель 28 вентилея 18 служит для подключения машины к воздушной магистрали.

Система охлаждения: распределитель 26 с вентилями 24 и 25 и сливная коробка 20 находятся внизу передней части корпуса. Для подключения к водопроводу вентиль 24 имеет ниппель 23. Кронштейн 2, несущий хобот 3 с нижним электрододержателем 4 – часть токоподвода, прикреплен болтами к корпусу. Элементы электрического устройства: сварочный трансформатор 12, переключатель ступеней 13, автоматический выключатель 14, регулятор цикла сварки 15, блок поджигания 16, блок контакторов 17, панель зажимов 21 и панель 7 встроены в корпус машины. Педальная кнопка 22 имеет гибкую связь с машиной и устанавливается в удобном для работы месте.

Машина включается педальной кнопкой 22 после того, как свариваемые детали помещают между электродами. С этого момента автоматически в определенной последовательности и в строго заданные по длительности отрезки времени совершаются отдельные операции цикла сварки, а именно: сжатие деталей между электродами машины; прохождение электрического

тока через сжатые детали – сварка; выдержка деталей в сжатом состоянии при выключенном электрическом токе – проковка; раскрытие электродов и сьем или перемещение сваренной детали – пауза.

Для получения одной сварной точки следует после нажатия сразу же освободить педаль кнопки.

Циклы сварки будут повторяться, если педаль кнопки остается нажатой. Если при помещении детали между электродами машины и ее извлечении оттуда возникнет необходимость в дополнительном ходе электрода, сварщик поворачивает рукоятку крана управления, а затем по окончании операции возвращает ее в исходное положение.

1.3 Устройство и работа составных частей машины

Пневматический привод (рисунок 1.2) перемещает верхний электрод и сжимает свариваемые детали.

Внутренний объем цилиндра 2 разделен поршнями 5 и 6 на три полости. При впуске сжатого воздуха в среднюю полость поршень 6 совершает рабочий ход; при впуске сжатого воздуха в нижнюю и выпуске из средней – возвращается в исходное положение.

Величина рабочего хода поршня 6 плавно регулируется установлением в соответствующее положение поршня 5 гайкой 4, навинчиваемой на резьбовой конец штока и опирающейся на верхнюю крышку 3. Выпуск сжатого воздуха из верхней полости и впуск в нижнюю, осуществляет дополнительный ход верхнего электрода.

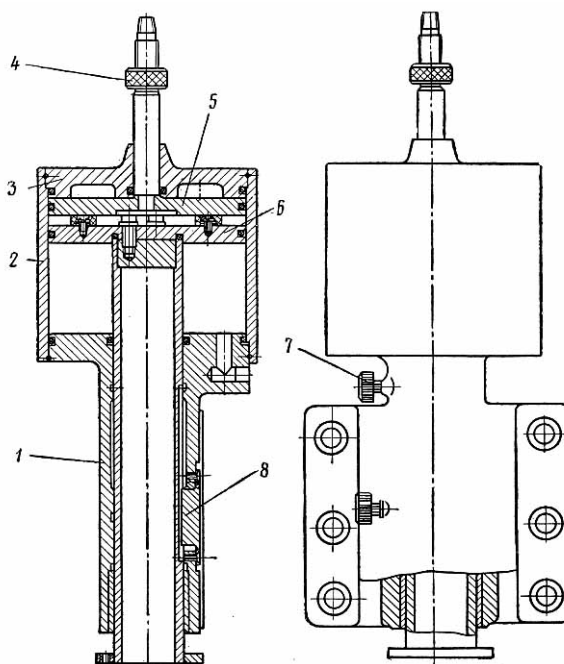


Рисунок 1.2 Пневматический привод

Нижняя крышка 1 обеспечивает направление движения штока поршня 6 и крепление привода к корпусу машины. Шпонка 8, установленная в гнезде крышки 1, предотвращает поворот штока вокруг своей оси.

Для смазки штока предусмотрены две колпачковые масленки 7. Поршни и крышки уплотнены круглыми резиновыми манжетами.

Крепление крышек 1 и 3 осуществлено проволоочными кольцами, которые при демонтаже изымаются из гнезд поворотом крышек. Усилия сжатия электродов, создаваемые приводом, приведены в таблице 2.

Пневматическое устройство (рисунок 1.3) управляет работой пневматического привода.

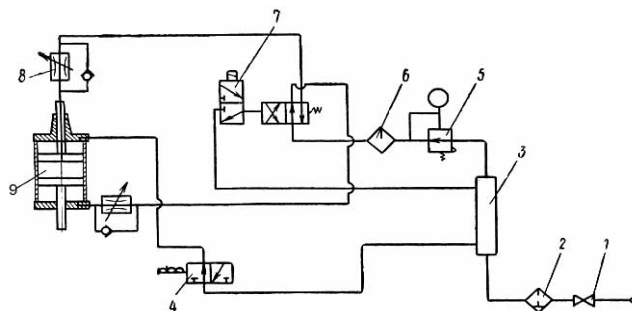


Рисунок 1.3 Принципиальная пневматическая схема

Сжатый воздух из сети через вентиль 1 и фильтр 2 поступает в распределитель 3. Из распределителя по одной ветви при правом положении рукоятки крана управления 4 сжатый воздух подается в верхнюю полость цилиндра пневматического привода, по другой – через регулятор давления 5, масло распылитель 6, электропневматический клапан 7 – в среднюю или нижнюю полости цилиндра пневмопривода.

Поворот рукоятки крана управления влево отключает верхнюю полость пневмопривода от питания сжатым воздухом и соединяет ее с атмосферой.

Плавная, безударная работа пневматического привода обеспечивается дросселирующими клапанами 8, регулируемыми скоростью выхода сжатого воздуха из средней и нижней полостей цилиндра 9.

Система охлаждения обеспечивает протекание воды во вторичном витке сварочного трансформатора, токоподводе, электродах.

Токоподвод (рисунок 1.4) передает ток от сварочного трансформатора к электродам машины.

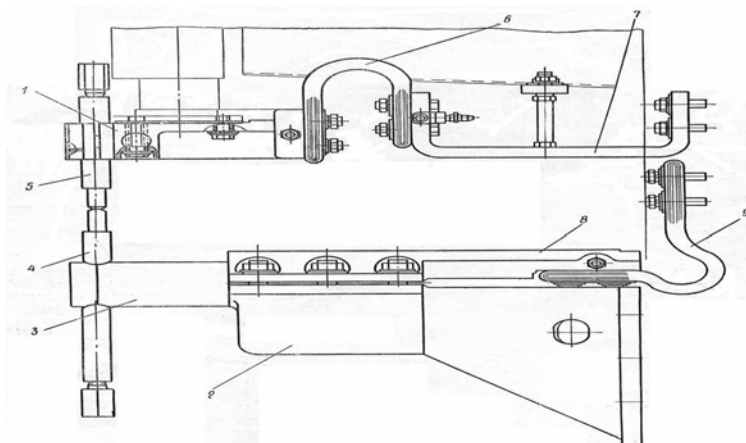


Рисунок 1.4 Токоподвод

К штоку поршня пневмопривода крепится электрически изолированная от него контактная колодка 1 с верхним электрододержателем 5. Контактная колодка гибкими шинами 6 и контактным угольником 7 соединена с верхними колодками сварочного трансформатора.

Нижний электрододержатель 4 закреплен в хоботе 3, установленном на кронштейне 2 при помощи крышки 8, которая гибкими шинами 9 соединяется с нижними колодками сварочного трансформатора.

Кронштейн 2 вместе с установленными на нем деталями можно вертикально переставлять по корпусу на 140 мм через 70 мм, что дает возможность устанавливать раствор, соответствующий свариваемому изделию и влияющий на расход электроэнергии.

Электрическое устройство обеспечивает подвод электрической энергии к машине и осуществляет управление ее работой.

Напряжение сети подается и снимается автоматическим выключателем, который служит также для защиты электрической цепи от коротких замыканий. Напряжение сети подается на однофазный сварочный трансформатор.

При нажатии на педальную кнопку *КнНж* запускается регулятор цикла сварки.

Регулятором цикла сварки *РЦС* осуществляется определенная последовательность и продолжительность операций цикла сварки.

1.4 Порядок работы, регулирование и настройка

Прежде чем приступить к сварке деталей на машине, необходимо ее наладить и опробовать в действии при выключенном сварочном токе, для чего:

открыть вентили 18, 24, 25 (см. рисунок 1.1), подводящие сжатый воздух и воду к машине;

вынуть один нож переключателя ступеней 13 (см. рисунок 1.1);

подать напряжение на машину, установив рукоятку автоматического выключателя 14 (см. рисунок 1.1) в положение «Включено»;

установить оптимальную величину рабочего хода верхнего электрода в зависимости от толщины, материала и конфигурации свариваемой детали;

установить требуемое для сварки данной детали усилие сжатия электродов, изменив давление подводимого сжатого воздуха регулятором давления 11 (см. рисунок 1.1).

Величину давления редуцированного воздуха показывает манометр регулятора давления; величина усилия, соответствующая этому давлению, определяется по таблице 1.2;

нажать ногой на педальную кнопку 22 (см. рисунок 1.1);

отрегулировать дросселирующие клапаны 27 (см. рисунок 1.1). Поворачивая регулировочные винты дросселей, установить их в положение, при котором обеспечивается плавное безударное перемещение верхнего электрода;

отрегулировать дроссель маслораспылителя 10 на подачу 1 – 2 капель масла за 12 – 20 ходов верхнего электрода.

После опробования машины на холостом ходу можно приступить к наладке режимов сварки.

Оптимальный режим сварки определенных деталей устанавливается подбором величины усилия сжатия, степени вторичного напряжения трансформатора, времени прохождения тока через свариваемые детали, времени проковки и паузы.

Подбор степени работы трансформатора может быть произведен по внешним характеристикам отдельно для каждого раствора (рисунок 1.5).

Проекция на горизонтальную ось точек пересечений внешних характеристик с прямой AB определяет сварочные токи машины по ступеням.

Округляя значения требуемого сварочного тока (из режимов сварки) до ближайшего фактически получаемого из внешней характеристики, определяем ступень сварочного трансформатора и допустимое значение $ПВ$ при заданном растворе.

В соответствии с выбранным режимом сварки необходимо:

поставить ножи переключателя ступеней в положение, соответствующее выбранной ступени;

настроить регулятор цикла сварки.

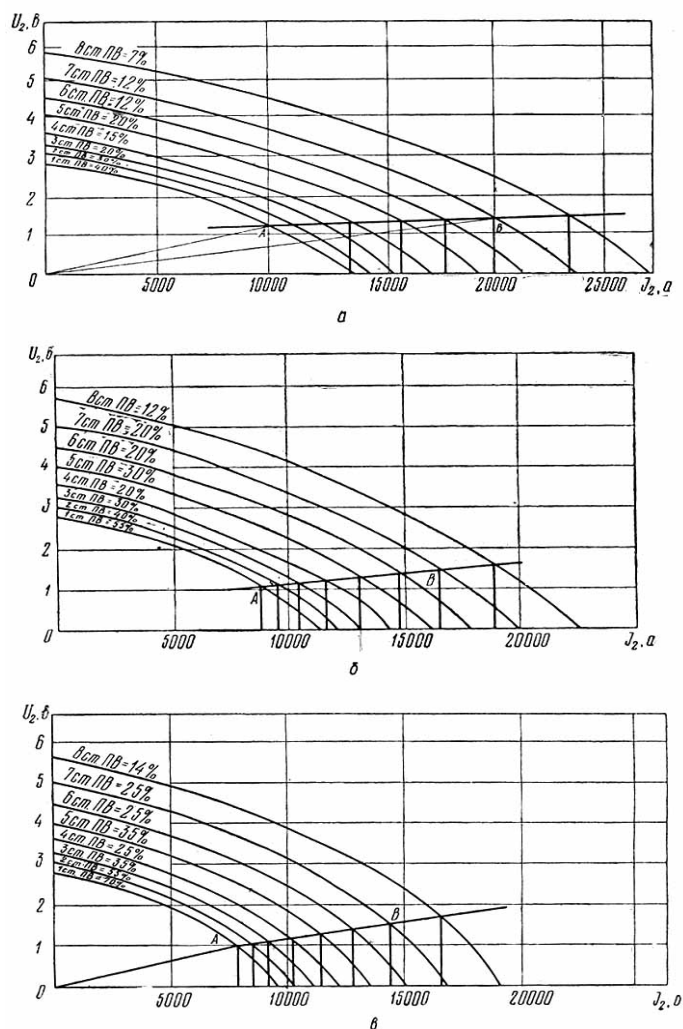


Рисунок 1.5 Внешние характеристики для раствора 80 мм (а), 150 мм (б), 220 мм (в)

Ориентировочные режимы для сварки наиболее распространенных толщин приведены в таблице 1.5.

Таблица 1.5

Режимы сварки (жесткие)

Толщина листов, мм	Сварочный ток, А	Усилие на электродах, кгс	Время сварки, с	Раствор сварочного контура, мм	Степень сварочного трансформатора	Общий цикл сварки, с	Производительность сварок, мин	Диаметр контактной поверхности электрода, мм
1+1	9500	225	0,16	80	1	0,40	150	6,4
				150	2	0,40	150	6,4
				220	3	0,45	130	
1,5+1,5	12000	360	0,22	80	3	1,10	55	6,4
				150	5	0,73	82	
				220	6	0,88	68	
2+2	14000	500	0,28	80	4	1,86	32	7,9
				150	6	1,40	43	
				220	7	1,12	53	
2,5+2,5	16000	630	0,38	80	5	1,90	32	7,9
				150	7	1,87	32	
				220	8	2,70	22	

1.5 Технические характеристики регулятора времени РВТШ-20

Напряжение питающей сети однофазного переменного тока частотой 50 Гц, В	- 220
Потребляемая мощность, Вт, не более	- 85
Длительность операций «предварительное сжатие», с	
I диапазон	0,04 или 0,1
II диапазон	0,08 или 0,2
Длительность операций «сжатие», «сварка», «проковка», «пауза», с	
I диапазон	- 0,02 – 0,2 (с дискретным регулированием через 0,02 с (I период))
II диапазон	- 0,04 – 0,4 с дискретным регулированием через 0,04 с (2 периода)

1.6 Определение активного сопротивления вторичного контура машины

На потерю электроэнергии в машине, а, следовательно, на работу контактных машин большое влияние оказывает состояние переходных контактов во вторичной цепи. Поверхность разъемных соединений вторичного контура с течением времени окисляется, и сопротивление их увеличивается. Так как сопротивление самых токоведущих частей вторичного контура (вторичного витка, хоботов, электрододержателей и т.д.) невелико, то увеличение сопротивления разъемных соединений значительно снижает сварочный ток и полезную мощность машины.

При эксплуатации машин следует периодически замерять сопротивление всех переходных контактов и при необходимости зачищать их. Сопротивление вторичного контура можно измерять двумя методами: 1) амперметром и вольтметром; 2) микрометром.

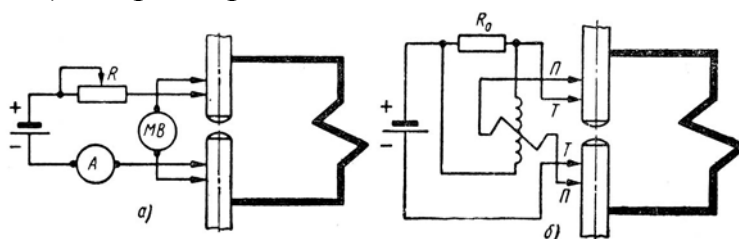


Рисунок 1.6 Изменение сопротивления вторичного контура

Схема измерения сопротивления вторичного контура методом амперметра-вольтметра приведена на рисунке 1.6 а. В этом случае через сварочный контур пропускают постоянный ток I от аккумулятора или сварочного генератора, который замеряют амперметром A . Падение напряжения в контуре U замеряют милливольтметром mU . После замеров, используя закон Ома, определяют сопротивление сварочного контура по формуле:

$$R = \frac{U}{I} \text{ Ом,}$$

Микрометр М-246 (рисунок 1.6, б) позволяет измерять малые сопротивления в пределах $4 \text{ мкОм} - 1 \text{ Ом}$. Питание его может осуществляться от аккумуляторов или сети переменного тока. Микроомметр имеет четыре контактных наконечника, присоединяемых к зачищенным поверхностям электродов

В том случае, когда общее сопротивление сварочного контура значительно превышает технические данные, замеряют сопротивление каждого контакта и находят место, где оно значительно возросло. Следует помнить, что при измерении сопротивления вторичного контура или отдельных контактов электроды машины должны быть разомкнутыми.

1.7 Проведение работы

Оборудование и материалы

1. Источник электроэнергии постоянного тока: сварочный преобразователь или аккумулятор емкостью 0,011 A/c (40 A/c).
2. Амперметр ПМ-70 с шунтом на 50 A .
3. Милливольтметр М4-2 на 50 mB .
4. Микроомметр М-246 (при отсутствии амперметра и милливольтметра).

Ознакомление с конструкцией точечной машины

1. Внимательно прочитать описание точечной машины, найти ее основные узлы, уяснить их назначение и схематически зарисовать общую компоновку машины.
2. Дать характеристику механизма сжатия и схематически изобразить его устройство.
3. Пояснить работу переключателя ступеней мощностей.
4. Замерить вылет электродов, начертить их форму и определить, из какого металла они изготовлены.
5. Составить техническую характеристику машины.

Определение активного сопротивления вторичного контура точечной машины

1. Вычертить эскиз вторичного контура машины с обозначением номера каждого контакта.
2. Составить схему включения электроизмерительных приборов и источника постоянного тока.
3. Замерить падения напряжения в контуре и во всех контактах контура в отдельности.
4. Подсчитать сопротивления отдельных элементов контура и общее сопротивление.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2 ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИЙ СТЫКОВЫХ КОНТАКТНЫХ МАШИН И СНЯТИЕ ВНЕШНИХ ХАРАКТЕРИСТИК

2.1 Общие сведения

Основные узлы стыковых машин для контактной сварки (рисунок 2.1): станина (корпус) с направляющими, сварочный трансформатор, переключатель ступеней мощности, зажимное устройство с токопроводящими электродами (губками), механизм подачи и осадки, механизм включения и выключения тока, система водяного охлаждения.

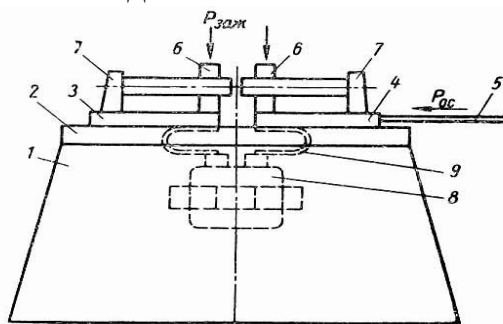


Рисунок 2.1 Расположение узлов стыковой машины:

1 – станина; 2 – направляющие; 3 – неподвижная плита; 4 – подвижная плита; 5 – подающее устройство; 6 – зажимное устройство; 7 – упоры; 8 – сварочный трансформатор; 9 – гибкие токопроводящие шины

Станина предназначена для крепления на ней всех основных узлов. Внутри станины установлен сварочный трансформатор, а сверху – зажимное устройство и механизм подачи и осадки.

Сварочный трансформатор служит для получения сварочной цепи большого тока при относительно низком его напряжении. Трансформатор состоит из сердечника 4 (рисунок 2.2), секционированной первичной обмотки 2 с отводами 6, вторичного витка с контактными колодками 3 и трубками водяного охлаждения 5.

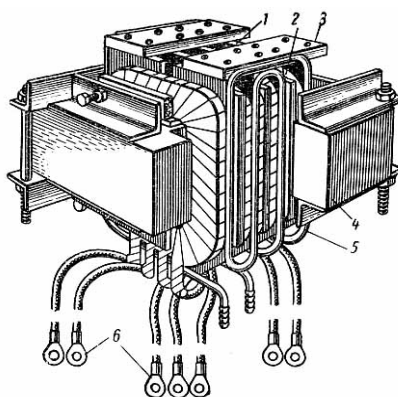


Рисунок 2.2 Сварочный трансформатор контактной машины

Одной из характеристик сварочного трансформатора является продолжительность его включения ПВ, которая определяется отношением продолжительности включения тока в течении одного сварочного цикла $t_{св}$ к продолжительности полного цикла $t_{ц}$, равного сумме продолжительности сварки и паузы:

$$ПВ = \frac{t_{св}}{t_{ц}} 100\%.$$

Переключатель ступеней мощности служит для ступенчатого регулирования сварочного тока. Увеличивая или уменьшая количество витков первичной обмотки, включенных в сеть, соответственно измеряют напряжение на концах вторичного витка.

Зажимное устройство предназначено для закрепления и центрирования свариваемых деталей в электродах (губках) машины, а также подвода к ним сварочного тока.

Механизм подачи и осадки служит для сближения свариваемых деталей и создания необходимого давления в момент сварки и осадки.

Механизм включения и выключения первичной обмотки сварочного трансформатора имеет механические выключатели и контакторы.

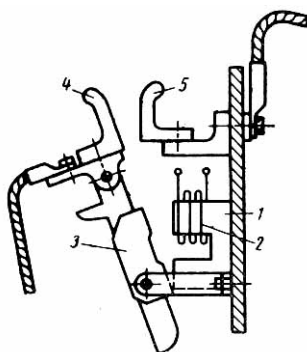


Рисунок 2.3 Электромагнитный контактор

Электромагнитный контактор (рисунок 2.3) состоит из железного сердечника 1, катушки 2 и подвижного якоря 3, на котором укреплен подвижный контакт 4. При включении катушки электромагнита якорь притягивается к сердечнику и контакт 4 замкнется с неподвижным контактом 5, в первичную обмотку трансформатора потечет ток. Катушка электромагнита включается и выключается при помощи концевых выключателей.

Система водяного охлаждения обеспечивает охлаждение всех токопроводящих частей машины, сильно нагревающихся в процессе сварки.

В стыковых машинах обычно охлаждают вторичный виток трансформатора и токоподводящие электроды (губки).

2.2 Машина МСР-50 с рычажным приводом

Машина МСР-50 (рисунок 2.4) позволяет производить стыковую сварку сопротивлением, оплавлением и оплавлением с предварительным подогревом стальных стержней компактного сечения и труб.

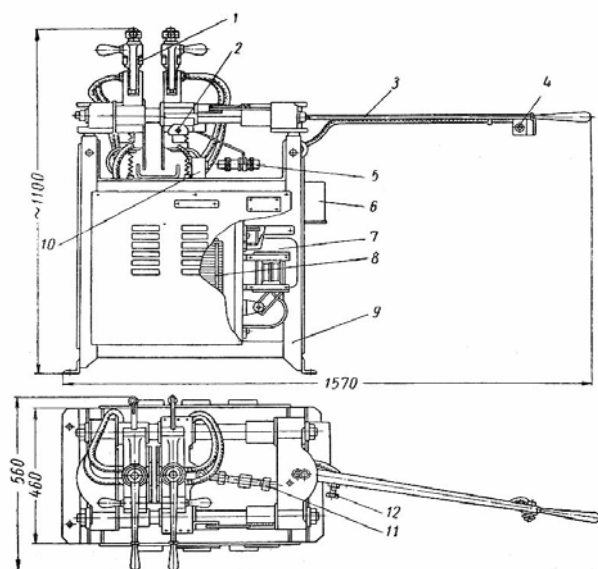


Рисунок 2.4 Стыковая машина МСР-50 с рычажным приводом механизма осадки

В корпусе 9 машины размещен сварочный трансформатор 8 включающий контактор 7. На корпусе расположены винтовые зажимные устройства 1 и привод механизма сжатия и осадки. По высоте губки регулируют винтом 2, сжатие и осадку осуществляют рычагом 3, который через тарелку 11 перемещает правое зажимное устройство. При помощи тарелки можно регулировать расстояние между губками. Для ограничения величины осадки на рычаге служит упор 12. Сварочный ток включают пусковой кнопкой 4. Выключение тока в момент осадки происходит при нажатии упором 5 на выключающую кнопку 10. С левой стороны машины укреплен переключатель ступеней мощности 6.

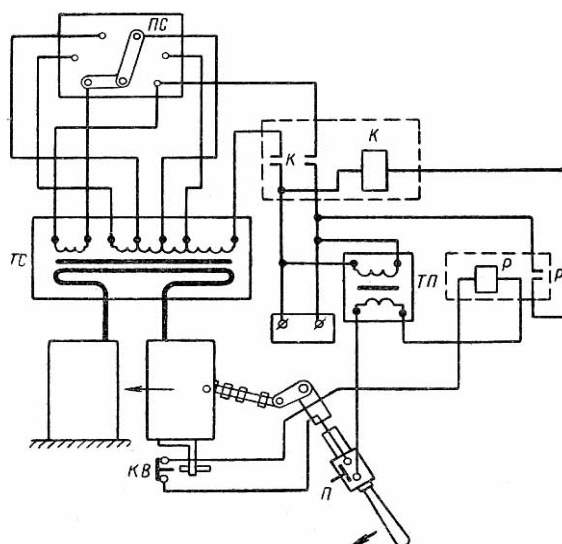


Рисунок 2.5 Электрическая схема машины МСР-50

Электрическая схема машины (рисунок 2.5) работает следующим образом. При нажатии на кнопку П, расположенную на рукоятке рычага, ток от вторичной обмотки понижающего трансформатора ТП пройдет через замк-

нутую кнопку П, нормально закрытый контакт концевого выключателя КВ и катушку промежуточного реле Р. Реле сработает и замкнет свой нормально открытый контакт Р. При этом ток из сети пройдет через замкнувшийся контакт реле Р и катушку электромагнитного контактора К. Контактор сработает и включит два нормально открытых контактора К. Таким образом, первичная обмотка сварочного трансформатора ТС окажется под напряжением сети. Начнется процесс сварки. В момент осадки подвижная плита нажмет на кнопку концевого выключателя КВ, ток в цепи катушки реле Р прервется. Контактор разомкнется и обесточит катушку контактора.

Таблица 2.1

Технические характеристики машин для стыковой сварки

Показатели	МСП – 50
Номинальная мощность, кВА	50
Продолжительность включения ПВ, %	20
Число ступеней регулирования трансформатора	8
Пределы регулирования вторичного напряжения, В	2,7 – 5,1
Привод подачи	Рычажный
Наибольшее усилие осадки, Н (кг)	30000 (3000)
Ход подачи, в мм	30
Тип зажимных приспособлений	Рычажно-винтовой
Наибольшее усилие зажатия, Н (кг)	20000 (2000)
Номинальное сечение свариваемых деталей, мм ²	400
Производительность сварок в час	90

Разомкнувшиеся контакты К отключат первичную обмотку сварочного трансформатора от сети и система придет в исходное положение.

Сварочный трансформатор имеет секционную первичную обмотку, позволяющую получать с помощью переключателей ступеней ПС восемь значений вторичного напряжения.

2.3 Снятие внешней характеристики стыковой машины

Внешней характеристикой называется графическая зависимость между рабочим током и напряжением.

Крайние точки внешней характеристики машины – это характеристики холостого хода, когда э. д. с. вторичной обмотки трансформатора $E_2 = U_2$; $I_2 = 0$ и короткого замыкания, когда $U_2 = 0$; $I_2 = I_{2к.з}$. Внешние характеристики бывают пологопадающими и крутопадающими. Их крутизна зависит от полного сопротивления цепи машины при коротком замыкании. На рисунке 2.6 приведены внешние характеристики для четырех стыковых машин, снятые на номинальной (предпоследней) ступени мощности.

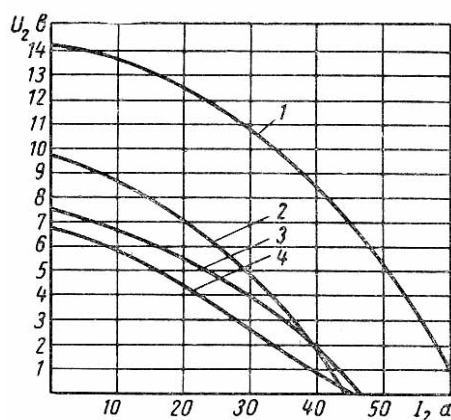


Рисунок 2.6 Внешние характеристики сварочного трансформатора для различных ступеней мощности

Для построения внешней характеристики, а также для определения ряда электрических параметров машины проводят опыт холостого хода, опыт короткого замыкания и измеряют некоторые электрические параметров при различных нагрузках (рисунок 2.7).

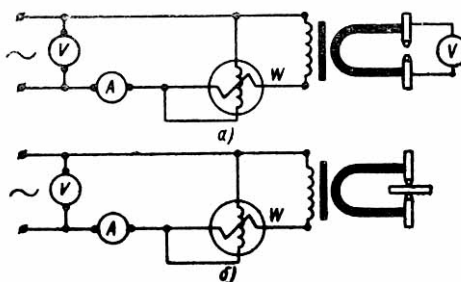


Рисунок 2.7 Схема опытов холостого хода (а) и короткого замыкания (б)

Опыт холостого хода проводят для всех ступеней трансформатора при разомкнутой вторичной цепи. С помощью амперметра, двух вольтметров и ваттметра определяют ток холостого хода I_0 , напряжение питающей сети U_1 , э. д. с. вторичной обмотки трансформатора E_2 и потери холостого хода P_0 . Эти данные позволяют определить крайнюю точку внешней характеристики при $I_0 = 0$ и $U_2 = E_2$ и коэффициент трансформации для всех ступеней включения трансформатора

$$n_m = \frac{U_1}{E_{2m}},$$

где n_m - и E_{2m} - соответственно коэффициент трансформации и э. д. с. вторичной обмотки m -й ступени. Опыт холостого хода позволяет определить число витков первичной обмотки трансформатора на разных ступенях включения.

$$w_m = w_2 \cdot n_m,$$

где w_m - число витков первичной обмотки на m -й ступени,

w_2 - число витков вторичной обмотки (обычно $w_2 = 1$).

Опыт короткого замыкания проводят при замкнутых накоротко электродах (губках). При невозможности непосредственного контакта электроды

замыкают через массивный медный стержень при минимальном разводе зажимных устройств. При коротком замыкании для ступени m замеряют первичный ток короткого замыкания $I_{кз}$, напряжение питающей сети U_1 и потребляемую мощность машины $P_{км}$. Эти замеры позволяют определить другую крайнюю точку внешней характеристики (при $I_2 = I_{км}$ и $U_2 = 0$) и коэффициент мощности машины (для ступени m) в режиме короткого замыкания:

$$\cos \varphi_m = \frac{P_{км}}{U_1 \cdot I_{км}},$$

Первичный ток можно замерять приборами прямого включения и приборами с трансформаторами тока или измерительными клещами, например, типа Ц-30. Следует помнить, что при коротком замыкании ток в первичной обмотке трансформатора и мощность, потребляемая из сети, значительно увеличиваются, а поэтому амперметр и ваттметр необходимо включать через измерительный трансформатор тока с большим коэффициентом трансформации.

Для определения остальных точек внешней характеристики на этой же ступени замеряют все параметры при различных сопротивлениях вторичной цепи. Для изменения тока между электродами зажимают медную или стальную трубу, охлаждаемую проточной водой. Возможно применение детали с другой формой сечения. Изменяя сечения и материал, меняют сопротивление, а следовательно, и ток во вторичной цепи сопротивления I_2 . Величину вторичного тока I_2 рассчитывают по коэффициенту трансформации для этой ступени:

$$I_2 = (I_1 - I_0) \frac{w_1}{w_2},$$

где I_1 – ток первичной обмотки при коротком замыкании;

I_0 – ток первичной обмотки при холостом ходе;

w_1, w_2 – число витков соответственно в первичной и вторичной обмотках сварочного трансформатора.

Полученные опытные данные холостого хода для каждой ступени и короткого замыкания для нескольких ступеней, а также расчетные данные дают возможность графически построить внешнюю характеристику машины.

2.4 Проведение работы

2.4.1 Ознакомление с конструкцией стыковой машины

1. Внимательно прочитать описание стыковой машины, найти ее основные узлы, уяснить их назначение и схематически зарисовать общую компоновку машины.
2. Дать характеристику зажимного устройства и схематически изобразить его конструкцию.
3. Описать тип трансформатора.
4. Дать схему и пояснить работу переключателя ступеней мощности.

5. Дать характеристику механизма подачи и осадки и схематически изобразить его устройство.
6. Вычертить схему блокировки выключателя тока с механизмом подачи и осадки.
7. Зарисовать электроды (губки), определить, из какого материала они изготовлены, и описать способ их крепления.
8. Составить техническую характеристику машины.

2.4.2 Опыт холостого хода

1. Вычертить принципиальную электрическую схему машины с включением необходимых электроизмерительных приборов.
2. Собрать схему.
3. При разомкнутой вторичной цепи на всех ступенях включения замерить ток холостого хода I_0 , напряжение питающей сети U_1 , э. д. с. вторичной обмотки трансформатора E_2 и потери холостого хода P_0 .
4. Вычислить коэффициент трансформации для всех ступеней. Результаты замеров и вычислений записать в таблицу 2.2.
5. Разобрать схему.

2.4.3 Опыт короткого замыкания

1. Вычертить принципиальную электрическую схему машины с включением необходимых электроизмерительных приборов.
2. Собрать схему.
3. Замкнуть накоротко вторичную цепь и на одной из ступеней включения замерить ток короткого замыкания в первичной обмотке $I_{1км}$, напряжение питающей сети U_1 и потребляемую мощность $P_{км}$.
4. Вычислить коэффициент мощности $\cos\varphi_m$ для этой ступени режима короткого замыкания.
5. Пользуясь данными опыта холостого хода, вычислить ток короткого замыкания $I_{2км}$ во вторичной цепи. Результаты замеров записать в таблицу 2.3.
6. Разобрать схему.

Опыт проделать три раза на первой, средней и предпоследней ступенях включения. При необходимости следует заменять электроизмерительные приборы или измерительные трансформаторы тока и напряжения.

2.4.4 Снятие внешней характеристики

1. Вычертить схему включения приборов, собрать ее и предъявить для проверки.
2. При наибольшем разводе электродов (губок) зажать стальную (а затем медную) трубу, охлаждаемую водой и произвести замеры тока в первич-

ной обмотке I_1 напряжения сети U_1 , напряжения на электродах (губках машины) U_2 и потребляемой из сети мощности P_1 .

3. Сблизить электроды на 3 – 6 мм и снова снять показания приборов. Опыт проделать три раза на первой, средней и предпоследней ступенях включения.
4. Пользуясь данными опыта холостого хода, вычислить сварочный ток I_2 во вторичной цепи. Результаты замеров и вычислений записать в таблицу 2.4.
5. Разобрать схему.
6. На основании табличных данных построить внешние характеристики $U_2 = f_1(I_2)$ и зависимость потребляемой из сети мощности от тока во вторичной цепи $P_2 = f_2(I_2)$. Для построения крайних точек использовать данные опытов холостого хода и короткого замыкания.

Таблица 2.2

Таблица измерений и вычислений

Тип машины	№ ступени	Измерения				Вычисления
		Ток холостого хода I_0 , А	Напряжение сети U_1 , В	Э. д.с. вторичной обмотки трансформатора E_2 , В	Потери холостого хода P_0 , Вт	Коэффициент трансформации n
	1					
	2					
	3					
	и т. д.					

Вычисление коэффициентов трансформации _____

Таблица 2.3

2.3. Таблица измерений и вычислений

Тип машины	№ ступени	Измерения				Вычисления
		Ток короткого замыкания первичной цепи $I_{1к}$, А	Напряжение сети U_1 , В	Потребляемая из сети мощность P_k , Вт	Коэффициент мощности $\cos \varphi$	Ток короткого замыкания во вторичной цепи $I_{2к}$, А.

Вычисление коэффициента мощности тока короткого замыкания во вторичной цепи _____

Таблица 2.4

Таблица измерений и вычислений

Тип машины	№ ступени	№ замеров	Измерения				Вычисления
			Ток в первичной цепи I_1 , А	Напряжение сети U_1 , В	Напряжение на электродах U_2 , В	Потребляемая из сети мощность P_1 , Вт	Ток во вторичной цепи I_2 , А.
		1 2 3 и т. д.					
		1 2 3 и т. д.					
		1 2 3 и т. д.					

Вычисление тока во вторичной цепи _____

Внешняя характеристика сварочного трансформатора
 $U_2 = f_1(I_2)$

График зависимости потребляемой мощности от сварочного тока
 $P_1 = f_2(I_2)$

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМА ТОЧЕЧНОЙ СВАРКИ НА ПРОЧНОСТЬ ТОЧКИ

3.1 Общие сведения

Режим точечной сварки определяется следующим основными параметрами: усилием сжатия, диаметром электрода, сварочным током и его плотностью, продолжительностью включения тока.

Режимы точечной сварки могут быть мягкими и жесткими. При мягком режиме применяются небольшие ток и давление, но продолжительность включения сварочного тока повышенная. Жесткий режим, наоборот, характеризуется большим током и давлением, но малой продолжительностью включения тока. Мягкие режимы обычно применяют при сварке на машинах с педальным приводом механизма сжатия, а жесткие – на машинах с электромеханическим и пневматическим приводами.

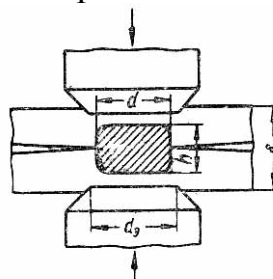


Рисунок 3.1 Сечение сварной точки d – диаметр ядра; h – толщина ядра; $d_э$ – диаметр контактной поверхности электрода; δ - суммарная толщина свариваемых деталей

В процессе сварки между деталями образуется литое ядро (рисунок 3.1), размеры которого в основном определяют прочность сварной точки. Рассмотрим влияние отдельных параметров режима сварки на прочность точки.

Усилие сжатия оказывает существенное влияние на электрическое сопротивление сварочного контакта и, как следствие, на прочность сварной точки. С увеличением усилия сжатия при неизменных остальных параметрах уменьшаются сопротивление сварочного контакта, выделение тепла в нем и размеры сварной точки. Это приводит к понижению прочности точки. При увеличении усилия сжатия необходимо увеличить сварочный ток и продолжительность его протекания.

Давление p представляет собой отношение величины усилия сжатия P к площади контакта электрод-деталь F_k

$$p = \frac{P}{F_k},$$

При сварке низкоуглеродистой стали величина давления составляет 40 – 120 Мн/м² (4 – 12 кг/мм²), причем большое давление используют при сварке листов большой толщины на более жестких режимах.

Для определения давления измеряют усилие сжатия и площадь поверхности электрода. Усилие сжатия измеряют динамометрами. Динамометр типа ДПС-1 (рисунок 3.2) представляет собой пружинную скобу 1 со вставками для электродов 2. Усилие сжатия определяют деформацией пружины и измеряют стрелочным индикатором 3 со шкалой, градуированной в килограммах (ньютонах).

Диаметр контактной поверхности электрода можно измерять универсальными измерительными инструментами (линейкой, штангенциркулем и т.д.) или специальным шаблоном.

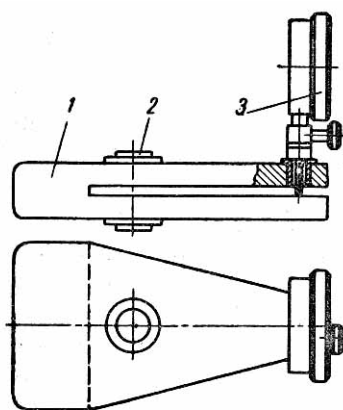


Рисунок 3.2 Динамометр для определения усилия сжатия между электродами

Диаметр контактной поверхности электрода зависит в основном от толщины свариваемого металла и составляет 2 – 15 мм). Ориентировочно его можно подсчитать по эмпирической формуле:

$$d_s = 5,5 \cdot \sqrt{\delta}, \text{ м,}$$

где δ – толщина более тонкого листа, мм.

Сварочный ток и его плотность влияют на количество выделяющегося тепла и процесс нагрева металла. Требуемый ток определяют в зависимости от толщины свариваемых листов. Наиболее характерным параметром точечной сварки является плотность тока в сварочном контакте. При сварке низкоуглеродистой стали на мягких режимах плотность тока составляет 80 – 100 А/мм², на жестких режимах 160 – 400 А/мм². Величину сварочного тока находят умножением выбранной плотности тока на площадь контактной поверхности электрода. При сварке низкоуглеродистой стали толщиной 1 – 3 мм ориентировочно ток можно подсчитать по эмпирическому соотношению:

$$I_{св} = 6500 \delta$$

Продолжительность включения тока – один из основных параметров точечной сварки, в большей степени зависит от толщины металла и существенно влияет на размеры литого ядра сварной точки и ее прочность. Значительное увеличение продолжительности включения тока может вызвать перегрев металла, и даже выплеск.

При ориентировочных расчетах режима сварки низкоуглеродистых сталей на жестких режимах продолжительность включения тока можно определять по эмпирической зависимости:

$$t_{св} = (0,2 \div 0,4) \delta,$$

Ориентировочные мягкие и жесткие режимы точечной сварки низкоуглеродистой стали приведены в таблицах 3.1, 3.2. Правильно установленный режим обеспечивает хорошее качество сварной точки. Возможные дефекты, связанные с нарушением режима сварки, а также причины их возникновения приведены в таблице 3.3.

Таблица 3.1

Мягкие режимы точечной сварки низкоуглеродистой стали

Толщина металла, мм	Диаметр контактной поверхности электродов, мм	Продолжительность включения сварочного тока, с	Усилие сжатия, Н (кг)	Сварочный ток, А
0,5+0,5	5	0,8	300 – 400 (30 – 40)	3000 – 4000
1 + 1	5	1	800 – 1200 (80 – 120)	4500 – 5000
1,5 + 1,5	6	1	1000 – 1400 (100 – 140)	5000 – 6000
2 + 2	7	2	1600 – 2000 (160 – 200)	6200 – 7000
2,5+2,5	8	2	1800 – 2400 (180 – 240)	7500 – 9000
3 + 3	10	2	2000 – 3000 (200 – 300)	9000 – 10000
4 + 4	12	2	3000 – 4000 (300 – 400)	10000 – 11800
5 + 5	12	2	4000 – 5000 (400 – 500)	13000 – 14000
6 + 6	14	2	5000 – 6000 (500 – 600)	15000 - 16000

Таблица 3.2

Жесткие режимы точечной сварки низкоуглеродистой стали

Толщина металла, мм	Диаметр контактной поверхности электродов, мм	Продолжительность включения сварочного тока, с	Усилие сжатия, Н (кг)	Сварочный ток, А
0,5+0,5	5	0,2 – 0,3	300 – 400 (30 – 40)	4000 – 5000
1 + 1	5	0,2 – 0,35	800 – 1200 (80 – 120)	6000 – 7000
1,5 + 1,5	6	0,25 – 0,35	1200 – 1600 (120 – 160)	7000 – 8000
2 + 2	7	0,25 – 0,35	1600 – 2000 (160 – 200)	8000 – 9000
2,5+2,5	8	0,4 – 0,6	2000 – 2500 (200 – 250)	11000 – 12000
3 + 3	10	0,6 – 1	5000 – 6000 (500 – 600)	12000 – 16000
4 + 4	12	0,8 – 1,1	6000 – 8000 (600 – 800)	14000 – 18000
5 + 5	12	0,9 – 1,2	8000 – 9000 (800 – 900)	17000 – 22000
6 + 6	14	1,1 – 2,5	9000 – 12000 (900 – 1200)	20000 – 25000

Качество сварной точки оценивается по внешнему виду или контрольными испытаниями образцов. Образцы испытывают на срез (рисунок 3.3 а), на отрыв (рисунок 3.3 б), а также на скручивание (рисунок 3.3 в) вырезают и маркируют образцы согласно схеме (рисунок 3.3 в). Для технологических испытаний рекомендуется применять зубило с вырезом (рисунок 3.3 д). Форма образца после испытания таким зубилом показана на (рисунок 3.3 е). Результаты всех испытаний оценивают по величине усилия или по характеру разрушения.

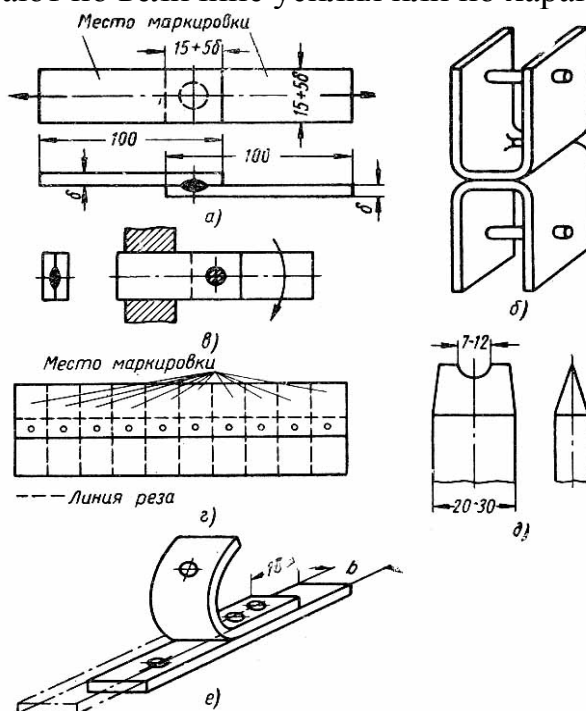


Рисунок 3.3 Образцы для испытания точечной сварки

Таблица 3.3

Виды и причины дефектов при точечной сварке

Вид дефекта	Причины образования дефекта
Непровар или малый диаметр ядра	<ol style="list-style-type: none"> 1. Низкий сварочный ток 2. малая продолжительность включения тока 3. Завышенное усилие сжатия 4. Велик диаметр контактной поверхности электрода
Перегрев наружной поверхности или внутренние выплески	<ol style="list-style-type: none"> 1. Недостаточное усилие сжатия. 2. Малая площадь контактной поверхности электродов. 3. Слишком большой ток 4. Большая продолжительность включения тока
Глубокая вмятина от электродов	<ol style="list-style-type: none"> 1. Слишком высокий сварочный ток 2. Великое усилие сжатия 3. Большая продолжительность включения тока 4. Слишком мал диаметр контактной поверхности электродов
Сквозные прожоги	<ol style="list-style-type: none"> 1. Включение или выключение сварочного тока при низком усилии сжатия 2. Перегрев металла за счет большого тока и слишком продолжительного времени включения тока
Кольцевые трещины	Повышенная продолжительность включения тока

3.2 Влияние шунтирования тока на размеры и прочность сварочной точки

При шунтировании часть сварочного тока проходит через смежные, ранее сваренные точки (рисунок 3.4).

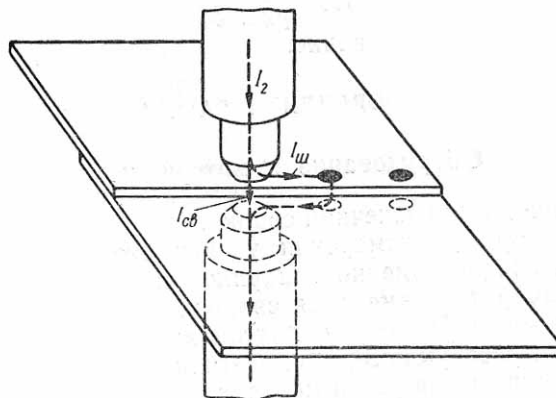


Рисунок 3.4 Шунтирование тока при точечной сварке

При этом ток I_2 , проходящий по электроду, разветвляется; сварочный ток $I_{св}$ значительно меньше необходимого. Шунтирование существенно влияет на качество сварной точки. Чем меньше расстояние между точками, тем большая часть тока ответвляется и тем больше тепла бесполезно расходуется на нагрев детали вне места сварки. Ток в шунте $I_{ш}$ может достигать значительных величин

$$I_{ш} = (0,3 \div 0,4) I_{св},$$

Наибольшая часть тока ответвляется через точку, предшествующую свариваемой. Шунтирование тока другими точками ввиду того, что они дальше отстоят от электрода, значительно меньше. Для выявления влияния шунтирования тока сваривают образцы, которые разрезают на полоски (см. рисунок 3.3 г) и испытывают на срез, отрыв или скручивание.

3.3 Проведение работы

3.3.1 Выявление влияния отдельных параметров режима точечной сварки на прочность точки

1. Для заданной толщины металла подобрать по таблицам режим сварки и установить его на машине.
2. Определить диаметр контактной поверхности электродов.
3. Произвести сварку трех пар пластин.
4. Определить качество сварных точек по внешнему виду и после испытания их на срез, отрыв и скручивание.
5. Повторить сварку на других пластинах, уменьшая или увеличивая один из параметров режима: а) усилие сжатия; б) сварочный ток; в) продолжительность включения сварочного тока.

6. Определить качество сварных точек по внешнему виду, разрушить их и выявить влияние каждого параметра режима сварки на прочность точки.
7. Результаты занести в таблицу 3.4.

3.3.2 Выявление влияния шунтирования тока на размеры и прочность сварной точки

1. Для заданной толщины металла подобрать по таблицам режим сварки и установить его на машине.
2. Зачистить поверхность двух пластин и разметить их для сварки тремя-пятью точками с шагом 6 – 10 мм (см. рисунок 3.3 г).
3. Сварить точки и маркировать их.
4. Испытать точки на отрыв (см. рисунок 3.3 е) и измерить диаметры ядер.
5. Опыт повторить три раза и вычислить средние значения.
6. Результаты занести в таблице 3.5.

Таблица 3.4

Таблица для записей данных измерений, и наблюдений

Толщина металла, мм	Характеристика режима	Степень мощности	Диаметр контактной поверхности электродов, мм	Сварочный ток $I_{св}$, А	Плотность тока, А/мм ²	Усилие сжатия Р, Н(кг)	Удельное давление, Н/мм ² (кг/мм ²)	Продолжительность включения тока, с	Результаты испытаний
	Нормальный								
	С уменьшением одного из параметров								
	С увеличением одного из параметров								

(Схема включения приборов)

(Эскизы сварных соединений с указанием мест дефектов)

Выводы по работе _____

Таблица 3.5

Таблица для записей измерений и наблюдений

Толщина металла, мм	Номер сварной точки	Режим сварки				Диаметр ядра после отрыва, мм				Примечание
		Сварочный ток, А	Усилие сжатия, Н (кг)	Продолжительность включения тока, с	Шаг точек, мм	1-й замер	2-й замер	3-й замер	Среднее значение	
	1									
	2									
	3									
	4									
	5									

(Эскиз размеченной под сварку пластины.

Выводы по работе _____

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4 ОЗНАКОМЛЕНИЕ С ТЕХНОЛОГИЕЙ СТЫКОВОЙ СВАРКИ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМА СВАРКИ НА ПРОЧНОСТЬ СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ

4.1 Общие сведения

4.1.1 Сварка сопротивлением

Этот способ обычно применяют при сварке сталей небольших поперечных сечений (до 100 мм²), цветных металлов и их сплавов: меди латуни, бронзы алюминия и т.д.

Подготовка торцов деталей под сварку сопротивлением состоит в ровной обрезке их и тщательной зачистке до металлического блеска. Подготовку можно осуществлять на токарных станках, дисковыми пилами, наждачными кругами и т.д. Основное условие качественной сварки – плотное прилегание свариваемых торцов по всему сечению. Учитывая это, стыковую сварку сопротивлением не применяют для деталей сложной конфигурации, а также с большой площадью поперечного сечения, так как даже при хорошей обработке торцов невозможно добиться равномерного разогрева по всему сечению, в результате чего, как правило, в стыке образуются непровары.

Поверхность деталей для лучшего электрического контакта с токопроводящими электродами должна быть зачищена от ржавчины, масла, грязи и др. по всей длине, зажимаемой в электроды (губки). Процесс сварки сопротивлением выполняют в последовательности:

- 1) детали с ровно обрезанными и хорошо зачищенными торцами зажимают в электродах (губках) машины и прикладывают усилие осадки;
- 2) включают сварочный ток, торцовые поверхности деталей при этом разогреваются до высокой температуры (для низкоуглеродистых сталей 1200 – 1250°С);
- 3) производят осадку разогретых торцов, частично под током;
- 4) выключают сварочный ток и продолжают осадку без тока;
- 5) детали вынимают из зажимов.

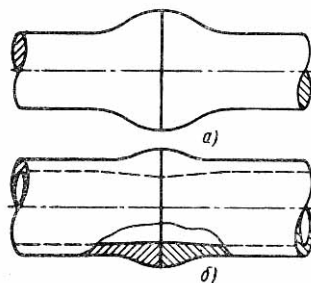


Рисунок 4.1 Стыки, сваренные методом сопротивления: а – стержни; б - трубы

К основным параметрам стыковой сварки сопротивлением относятся сварочный ток; длительность нагрева (время сварки); величина усилия осадки; установочная длина, т.е. длина концов деталей, выступающих из электро-

дов; величина осадки. Рассмотрим влияние отдельных параметров режима сварки (таблица 4.1) на качество сварочного стыка (рисунок 4.1).

Сварочный ток оказывает большое влияние на качество сварки. При малом токе могут появляться непровары и включения оксидов, слишком большой ток может привести к перегреву и пережогу металла. Величину тока подсчитывают как произведение необходимой плотности тока на площадь поперечного сечения заготовок. Плотность тока лежит в довольно широких пределах 10 – 200 А/мм². С увеличением площади поперечного сечения деталей плотность тока следует уменьшать. Цветные металлы и их сплавы сваривают на токах больших плотностей. Сварочный ток регулируют переключением ступеней мощности.

Длительность нагрева или время прохождения тока через детали зависит в основном от выбранной плотности тока и площади поперечного сечения свариваемых деталей и составляет обычно от десятых долей секунды до нескольких секунд. С увеличением площади поперечного сечения длительность нагрева увеличивается. При слишком длительном нагреве возможно образование в стыке оксидов и малопластичной перегретой структуры металла.

Усилие осадки выбирают в зависимости от площади поперечного сечения, температуры нагрева и марки металла. При недостаточном давлении может появиться непровар, а при чрезмерном давлении возможно образование трещин. Усилие осадки подсчитывают как произведение давления на площадь поперечного сечения заготовок. Давление, применяемое при сварке цветных металлов и сплавов, составляет 10 – 15 Мн/м² (1 – 1.5 кг/мм²), а при сварке сталей 20 – 50 Мн/м² (2 – 5 кг/мм²). Для ускорения нагрева в начальный момент сварки дается небольшое давление, и к концу сварки, т. е. в момент осадки, его увеличивают.

Установочная длина оказывает большое влияние на нагрев свариваемых деталей. При небольшой установочной длине стык нагревается плохо вследствие усиленного отвода тепла в медные электроды (губки), охлаждаемые водой. При большой установочной длине в хорошо нагреваемом стыке образуется слишком большое утолщение, кроме того, возможна потеря устойчивости и искривление свариваемых деталей. Обычно установочная длина принимается равной 0,5 – 2 диаметра стержня. При сварке разнородных металлов их установочная длина различна.

Величину осадки выбирают в зависимости от поперечного сечения свариваемых деталей в пределах 2 – 10 мм. Общая осадка распределяется на осадку током и осадку без тока. При недостаточной осадке в стыке возможны непровары, оксиды и шлаковые включения. При завышенной величине осадки возможно искривление волокон и образование трещин.

Таблица 4.1

Ориентировочные режимы сварки сопротивлением прутков из углеродистой стали

Площадь сечения заготовок, мм ²	Установочная длина обеих заготовок, мм	Припуск на осадку, мм			Плотность тока, А/мм ²	Продолжительность нагрева, с
		общую	под током	без тока		
25	12	2,5	1,7	0,8	200	0,6 – 0,8
50	16	2,7	1,8	0,9	160	0,8 – 1,0
100	20	3,0	2,0	1,0	140	1,0 – 1,5

Примечание. Припуск на осадку указан для сварки заготовок с плотно подогнанными торцами. Давление осадки 13 мН/м² (1,3 кг/мм²)

4.1.2 Сварка оплавлением

Этот способ применяется при сварке из углеродистых и легированных сталей с большим поперечным сечением, тонкостенных деталей с развитым сечением, при сварке разнородных деталей (сталь с медью, медь с алюминием и т.д.).

При сварке оплавлением и подготовке торцов деталей особых требований не предъявляют, в процессе оплавления все неровности на поверхности стыка оплавляются и выравниваются. На сварку могут поступать детали непосредственно после рубки или газовой резки с окалиной и даже ржавчиной на поверхности торцов. Единственное требование к заготовкам – это хорошая зачистка их поверхностей в местах токоподвода.

Сущность сварки состоит в том, что между торцами деталей при медленном их сближении под током в одной или нескольких точках возникает электрический контакт. В результате незначительного давления в контакте его переходное сопротивление очень высокое. В контакте выделяется большое количество тепла и между торцами деталей образуется перемычка жидкого металла. Эта перемычка под действием раскаленных газов взрывается, и жидкий металл выбрасывается из стыка в виде искр, брызг и паров. При дальнейшем медленном сближении деталей в соприкосновении входят следующие части металла, которые также расплавляются и взрываются. Когда вся поверхность торцов оплавится и покроется тонким слоем жидкого металла, детали резко сдавливают и выключают ток. При сдавливании жидкий металл вытесняется вместе с оксидами из стыка, образуя так называемый грат, и расположенный под ним твердый металл сваривается.

Сварку можно осуществлять непрерывным оплавлением или оплавлением с предварительным подогревом. Процесс сварки непрерывным оплавлением протекает в последовательности:

1) детали зажимают в электроды (губки) машины с небольшим зазором;

2) включают напряжение и сближают детали; происходит процесс оплавления;

3) дают осадку под током;

4) ток выключают и дают окончательную осадку без тока;

5) детали освобождают из зажимов.

Процесс сварки оплавлением с предварительным подогревом протекает аналогично, только перед началом оплавления детали подогревают непосредственно в машине. Подогревать можно методами сопротивления или прерывистого оплавления.

При подогреве методом сопротивления детали сближают при включенном сварочном токе и выдерживают в сомкнутом состоянии 0.2 – 5 с (в зависимости от сечения). Затем их разводят и снова сводят, общее число смыканий может быть 3 – 30. После нагрева торцов до температуры 800 – 1100 °С возбуждается процесс непрерывного оплавления.

При подогреве методом прерывистого оплавления детали периодически смыкают и размыкают под током. Торцы при этом разогреваются с обильным выбрасыванием искр из стыка. После последнего размыкания начинается процесс оплавления. В дальнейшем в обоих случаях процесс сварки протекает так же, как и при непрерывном оплавлении (рисунок 4.2).

Рассмотрим, как выбирают параметры режима для сварки оплавлением.

Сварочный ток устанавливают в зависимости от необходимой плотности тока. Плотность тока при сварке непрерывным оплавлением углеродистых сталей должна быть меньше, чем при сварке сопротивлением (10 – 50 А/мм²). При сварке оплавлением с предварительным подогревом плотность может быть уменьшена до 3 – 10 А/мм². При сварке цветных металлов и сплавов плотность тока увеличивают до 100 – 150 А/мм².

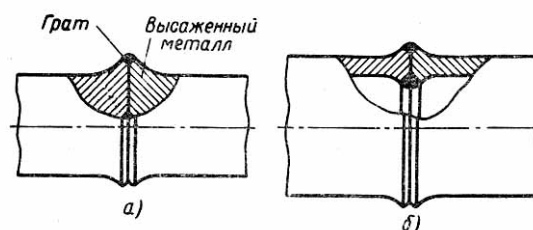


Рисунок 4.2 Стыки, сваренные оплавлением а – стержня; б – трубы

Установочная длина при сварке оплавлением оказывает такое же влияние на качество соединения, как при сварке сопротивлением (таблица 4.2).

Скорость оплавления оказывает большое влияние на нагрев деталей. При небольшой скорости оплавления увеличивается глубина прогрева. Обычно в начале процесса скорость оплавления небольшая, особенно при сварке деталей с большим поперечным сечением. Перед осадкой, во избежание окисления торцов деталей, скорость оплавления увеличивают (таблица 4.3).

Таблица 4.2

Установочная длина прутков и труб из разнородных металлов при сварке оплавлением

Металл		Ориентировочная установочная длина в долях диаметра детали		Отношение установочных длин
Первая деталь	Вторая деталь	Первая деталь	Вторая деталь	
Низкоуглеродистая сталь	Углеродистая сталь	1,0	0,5	1,5 – 2,0
Низкоуглеродистая или низколегированная сталь	Аустенитная сталь	1,2	0,5	2,0 – 2,5
Углеродистая сталь	Быстрорежущая сталь	0,75	0,5	1,3 – 1,5
Сталь	Латунь	1,5	1,5	1,0 – 1,2*
Сталь	Медь	2,5	1,0	2,0 – 2,5*

*Оплавляется главным образом сталь

Таблица 4.3

Скорости оплавления и осадки при стыковой сварке различных металлов

Металл	Скорость оплавления, мм/с		Скорость осадки, мм/с (не менее)
	средняя	перед осадкой	
Низкоуглеродистая сталь	0,5 - 1,5	2 – 5	15 – 20
Низколегированная сталь	1,5 – 2	4 – 5	20 – 30
Аустенитная сталь	2,5 – 3,5	5 – 7	30 – 50
Легкие сплавы	3 – 7	8 – 15	100 – 200

Таблица 4.4

Ориентировочное давление осадки при стыковой сварке оплавлением, Мн/м² (кг/мм²)

Металл	Сварка непрерывным оплавлением	Сварка оплавлением с подогревом
Низкоуглеродистая сталь	80 – 100 (8 – 10)	40 – 60 (4 – 6)
Среднеуглеродистая сталь	100 – 120 (10 – 12)	40 – 60 (4 – 6)
Высокоуглеродистая сталь	120 – 140 (12 – 14)	40 – 60 (4 – 6)
Низколегированная сталь	100 – 120 (10 – 12)	40 – 60 (4 – 6)
Аустенитная сталь	160 – 250 (16 – 25)	100 – 180 (10 – 18)
Медь	250 – 400 (25 – 40)	– –
Алюминий	120 – 150 (12 – 15)	– –
Алюминиевые сплавы	130 – 200 (13 – 20)	– –
Латунь	140 – 180 (14 – 18)	– –
Бронза	140 – 180 (14 – 18)	– –
Титан	30 – 60 (3 – 6)	30 – 40 (3 – 4)
Чугун	80 – 100 (8 – 10)	40 – 60 (4 – 6)

Таблица 4.5

**Припуски стержней из низкоуглеродистых и низколегированных
конструкционных сталей (на оба стержня)**

Диаметр стержня, мм	Площадь сечения, мм ²	Припуск при сварке с подогревом			Припуск при сварке непрерывным оплавлением, мм		
		общий	на подогрев и оплавление	на осадку	общий	на оплавление	на осадку
5	20	–	–	–	6	4	2,0
10	78	7,3	5	2,3	8	5,7	2,3
14	154	9,3	6,5	2,8	12	9,5	2,5
18	254	11,2	8,0	3,2	16	13	3,0
22	380	12,6	9,0	3,6	18	14,8	3,2
26	530	15	11,2	3,8	22	18,5	3,5
30	707	16	12,0	4,0	25	21,5	3,5
36	1018	18	15,0	5,0	30	26	4,0
40	1257	20	14,5	5,5	33	28,5	4,5

Примечания: 1. Суммарная установочная длина равна 1,5 диаметра стержня при сварке низкоуглеродистых сталей и 2 – 2,4 диаметра стержня при сварке низколегированных сталей.

2. При наличии зазоров между неровно срезанными торцами следует соответственно увеличить общий припуск на сварку (за счет припуска на оплавление).

3. Припуск на осадку под током составляет 40 – 50 % общего припуска на осадку.

Таблица 4.6

Дефекты при стыковой сварке

Вид дефекта	Возможные причины образования дефекта
Шлаковые включения в стыке	Неустойчивое оплавление. Малая величина осадки.
Непровар	Преждевременное выключение тока Малая мощность машины. Низкое давление осадки.
Перегрев металла	Плохая подготовка торцов. Недостаточный припуск на оплавление и осадку. Большой сварочный ток. Велик припуск на оплавление и осадку. Завышена установочная длина.
Трещины в зоне сварки	Большое давление осадки. Недостаточный предварительный нагрев. Малая установочная длина. Перегрев металла.
Смещение торцов заготовок	Недостаточная жесткость зажимов Плохая подготовка торцов. Большая установочная длина.
Подгары поверхности заготовок в местах токоподвода	Плохая зачистка поверхности заготовок. Загрязнены электроды. Малое усилие зажатия. Плохое охлаждение электродов.

Скорость осадки несколько превышает скорость оплавления и растет с увеличением склонности металла к окислению. При небольшой скорости

осадки частицы оксидов и загрязнений не успевают выдавиться из стыка, а следовательно, прочность его снижается (табл. 4.3).

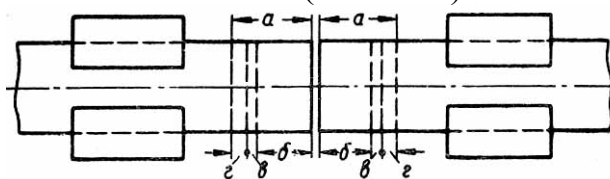


Рисунок 4.3 Распределение общего припуска:

а - на оплавление и осадку; б – на оплавление; в – на осадку под током; г - на осадку без тока

Усилие осадки выбирают по площади поперечного сечения заготовок и необходимому удельному давлению, зависящему от способа сварки металла (таблица 4.4).

В результате оплавления и осадки размер деталей уменьшается. Для получения готовых сварных изделий необходимой длины заготовки должны быть изготовлены с определенным припуском на оплавление и осадку (рисунок 4.3, таблица 4.5). Правильно установленный режим обеспечивает хорошее качество сварного стыка. Возможны дефекты, связанные с нарушением режима сварки, а также причины их возникновения приведены в таблице 4.6.

4.2 Проведение работы

4.2.1 Практическое ознакомление с технологией стыковой сварки сопротивлением

1. Для заданной площади поперечного сечения, для каждой пары заготовок (сталь, медь, латунь, алюминий) подобрать по таблицам режим сварки и настроить машину.
2. Зажать детали в электродах (губках) и измерить расстояние между ними.
3. Сварить стыки методом сопротивления.
4. Повторно измерить расстояние между электродами.
5. Подсчитать суммарную величину осадки обеих заготовок.
6. Подобрать режим и сварить встык разнородные металлы (сталь + латунь, латунь + медь).
7. Сварить несколько стыков из низкоуглеродистой стали, изменяя при этом установочную длину их и определяя величину осадки.
8. Оценить качество сварных стыков по внешнему виду и испытать сварные стыки на угол загиба.
9. Результаты записаны в таблице 4.7.

4.2.2 Практическое ознакомление с технологией стыковой сварки оплавлением

1. Овладеть практикой оплавления, сопровождающегося сильным искрением.
2. Для заданной площади поперечного сечения заготовок из углеродистой и легированной стали подобрать по таблицам режим сварки и настроить машину.
3. Сварить методом оплавления с нормальным выключением тока (после начала осадки).
4. Повторить сварку с преждевременным выключением тока (перед началом осадки).
5. Оценить качество сварных стыков по внешнему виду и испытать сварные стыки на угол загиба.
6. Результаты записать в таблицу 4.8.

4.2.3 Выявление влияния отдельных параметров режима стыковой сварки на прочность сварного соединения

Таблица 4.7

Таблица для записей данных измерений и наблюдений

Металл заготовки		Площадь поперечного сечения, мм ²	Степень мощности	Величина осадки, мм	Результаты испытаний
левой	правой				

Выводы по работе _____

Таблица 4.8

Практическое ознакомление с технологией стыковой сварки оплавлением

Таблица для записей данных измерений и наблюдений

Металл заготовки	Площадь поперечного сечения, мм	Степень мощности	Включение тока	Результаты испытаний
			После начала осадки	
			До начала осадки	

Выводы по работе _____

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5 ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ МАШИН ДЛЯ СТЫКОВОЙ ХОЛОДНОЙ СВАРКИ

5.1 Общие сведения

Машина МСХ-5-3 (рисунок 5.1) предназначена для стыковой холодной сварки алюминиевых проводов, а также алюминиевых проводов с медным сечением от 2 до 20 мм².

Основные технические данные

Рабочее давление сжатого воздуха, кгс/см ²	до 5
Расчетное осадочное усилие, тс	5
Максимальное расстояние между внутренними торцами зажимных губок, мм	11
Производительность машины, сварок/час	до 200

Конструкция

Машина МСХ-5-3 состоит из:

- корпуса,
- сварочного устройства, включающего в себя зажимной и осадочный механизмы,
- резака для подготовки концов проводов к сварке,
- кранов управления работой резака и механизм осадки.

Корпус 1 (рисунок 5.1) прямоугольной коробчатой формы, расположен на четырех ножках 28. Внутри корпуса закреплены основания сварочного устройства и резака, а также размещены оба крана управления работой резака и механизма осадки.

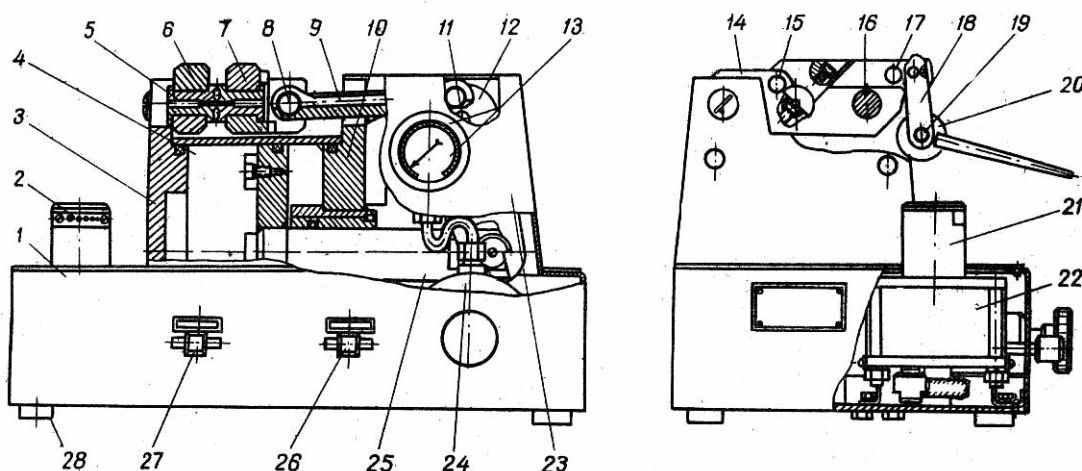


Рисунок 5.1 Схема машины МСХС-5-3

Сварочное устройство состоит из зажимного и осадочного механизмов.

Зажимной механизм имеет два зажима: неподвижный 6 и подвижный 7. Основания зажимов 14 сидят на направляющих 16. С ними шарнирно соединены при помощи осей 15 рычаги 17.

К основаниям и рычагам зажимов крепятся сменные зажимные губки 5. Зажимные губки в сомкнутом виде имеют сквозное отверстие, соответствующие по своим размерам и форме сечению свариваемого провода. Губки имеют мелкую насечку для увеличения трения между ними и зажатым в них проводом.

Внутренние торцы зажимных губок в центральной части срезаны под углом 60° и образуют своего рода ножи, которые отрезают облой, образовавшийся в процессе деформации вылета провода при сварке.

К рычагам 17 шарнирно прикреплены тяги 18, на осях 19 которых сидят эксцентрики 20, снабженные рукоятками. При повороте эксцентрика, упирающегося в выступ 14, провод надежно зажимается в губках.

Зажим 6 при осадке упирается в левую стенку 3. Правый зажим 7 скользит по направляющим колонкам 16.

Осадочный механизм в машине – рычажно-пневматический. Правый подвижный зажим 7 соединен с тягой 9. Правый конец тяги соединен с коротким концом рычага 12, для того, чтобы можно было производить сварку проводов неограниченной длины, ось 8 и тяга 9 имеют соответствующие пазы. Нижний конец рычага 12 шарнирно соединен с концом штока 25 поршня пневматического цилиндра 4.

Правая часть сварочного устройства закрыта съемным кожухом 23.

Резак, служащий для подготовки концов проводов к сварке, состоит из корпуса 21 и пневмоцилиндра 22, на штоке которого закреплен специальный нож. К боковым стенкам корпуса 21 крепится сменная планка 2, размеры отверстий в которой соответствуют поперечным разрезам свариваемых проводов.

В исходном положении нож резака расположен ниже отверстий в планке. При подъемке поршня нож обрезает концы проводов, вставленных в отверстие планки 2 и подлежащих сварке.

Кран управления работой резака расположен правее последнего, внутри корпуса. С поворотом рукоятки 27 влево до упора, сжатый воздух поступает в нижнюю камеру пневмоцилиндра 22 и толкает поршень вверх. При этом нож резака обрезает концы проводов, вставленных в отверстие планки 2. Верхняя камера пневмоцилиндра 22 в это время сообщается с атмосферой.

Поршень со штоком перемещается вниз и нож резака опускается в исходное положение. Среднее положение рукоятки крана нейтральное: сжатый воздух не поступает ни в одну из камер пневмоцилиндра.

Кран управления работой механизма осадки расположен также внутри корпуса, правее крана резака. При повороте рукоятки 26 влево до упора, сжатый воздух поступает в левую камеру пневмоцилиндра 4 и толкает поршень вправо. Правая камера цилиндра в это время сообщается с атмосферой. Тяга 9 передвигает подвижный зажим 7 влево и осуществляется осадка.

При повороте рукоятки крана 26 вправо, сжатый воздух поступает в правую камеру цилиндра 4, а левая камера сообщается с атмосферой. Поршень со штоком передвигается влево, и подвижный зажим переходит в крайнее правое положение.

Давление сжатого воздуха, поступающего из сети, регулируется воздушным редуктором 24, расположенным внутри корпуса, и контролируется с помощью манометра 13.

5.2 Правила по эксплуатации

Перед работой следует:

- проверить, установлены ли на машине зажимные губки, соответствующие сечению свариваемых проводов;
- проверить, нет ли утечки воздуха из пневмоцилиндра механизма осадки и резака;
- повернуть рукоятку кранов вправо до упора;
- установить требуемое давление сжатого воздуха с помощью воздушного редуктора: для сварки проводов диаметром до 3,5 мм оно должно быть равно 2 кгс/см², для проводов диаметром от 3,5 до 5 мм – 4 кгс/см², для проводов диаметром более 5 мм – 5 кгс/см²;
- проверить резак, который должен быть сухим и чистым.

5.3 Принцип работы

1. Концы свариваемых проводов вставляются в соответствующие отверстия резака, и рукоятка правого крана поворачивается влево до упора; при этом концы провода обрезаются.

2. Подготовленные к сварке провода, зажимаются в губках машины с соответствующим вылетом. Для проводов круглого сечения вылеты должны быть равны:

- при сварке алюминиевых проводов – диаметру провода;
- при сварке медных проводов – диаметру провода;
- при сварке алюминиевых проводов с медным: по алюминию – диаметру провода, по меди – 1,5 диаметра провода.

3. Рукоятка правого крана переводится в положение влево до упора и производится осадка вылета зажатого провода до полного смыкания внутренних торцов зажимных губок.

4. Эксцентрики зажимного механизма отпускаются, и рычаги откидываются вверх, освобождая сваренный провод.

5. Рукоятка крана переводится вправо до упора и после перехода подвижного зажима в крайнее правое положение сваренный провод извлекается из машины.

6. Качество сварки проверяется путем изгиба руками провода у сварного стыка на угол 45° с последующим выпрямлением. При таком испытании сварной стык не должен разрушаться.

ЛИТЕРАТУРА

1. Технология и оборудование контактной сварки Учебник для машиностроительных вузов / Б.Д. Орлов, А.А. Чакалев, Ю.А. Дмитриев и др. Под общ. Ред. Б.Д. Орлова. – 2-е изд. – М.: Машиностроение. 1986 – 352 с.
2. Технология сварки давлением / А.А. Чуларис, Д.В. Рогожин – Ростов н/Д: Феникс, 2006 – 221 с.